

XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Salvador, 29 de julho a 02 de agosto de 2002

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) DETERMINADA POR TRÊS MÉTODOS

P. E. P. de ALBUQUERQUE<sup>1</sup>, R. L. GOMIDE<sup>2</sup>

Escrito para apresentação no  
XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2002  
Salvador-BA, 29 de julho a 02 de agosto de 2002

**RESUMO:** A partir da inclusão da água como fator controlado para aumento da produtividade das culturas, há necessidade de um melhor conhecimento dos fatores relacionados ao manejo integrado dos recursos solo-água-planta-clima, visando uma exploração mais racional voltada para a sustentabilidade do sistema agrícola irrigado e a preservação do meio ambiente. Infelizmente, os usuários da irrigação desconhecem estratégias de programação da aplicação de água que possibilitem produtividades adequadas com maior eficiência do uso da água. Uma variável intensivamente monitorada para programar a irrigação é a evapotranspiração da cultura (ETc). O objetivo do presente estudo foi determinar valores da ETc do feijoeiro através da técnica da razão de Bowen (ETc-RB), cujos resultados foram comparados com outras metodologias mais simples de determinação, como as que utilizam o tanque Classe A (ETc-TCA) para prever a evapotranspiração de referência (ETo) e séries históricas de 15 anos de períodos decendiais da ETo estimada segundo o método de Penman-Monteith (ETc-PM). Os resultados obtidos foram coerentes com a medição feita pela razão de Bowen (ETc-RB), cuja técnica é considerada como padrão. Os valores obtidos da ETc para o feijoeiro no período dos 26 aos 95 dias após a semeadura (DAS) foram de 231,4; 266,3 e 242,7 mm para as determinações realizadas pelos métodos ETc-RB, ETc-TCA e ETc-PM, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Programação da irrigação, evapotranspiração, feijão.

## BEAN'S (*Phaseolus vulgaris* L.) EVAPOTRANSPIRATION DETERMINED BY THREE APPROACHES

**SUMMARY:** Since the inclusion of water as a controlled factor for the crop yield increasing, there is need of a better knowledge of the factors related to the integrated management of soil-water-plant-climate, seeking a more rational exploration directed to an irrigated agricultural system sustainability and environment preservation. Unfortunately, the users of irrigation do not know scheduling strategies of water application that allow adequate yield with greater water use efficiency. One variable which is always monitored for irrigation scheduling purpose is the crop evapotranspiration (ETc). The present study objective was to determine bean ETc values through Bowen ratio technique (ETc-BR), comparing the results with others quicker and faster methodologies of ETc calculation, such as those that use Class A pan water evaporation (ETc-CAP) to predict the reference evapotranspiration (ETo) and fifteen years historical series of decennial periods of estimated ETo according to Penman-Monteith method (ETc-PM). The results obtained with the quicker and faster methods agree with the Bowen ratio ETc measurements, considered as the standard technique. The values obtained for bean ETc from 26 to 95 days after seeding (DAS) period were of 231.4, 266.3 and 242.7 mm for the determination carried out by the ETc-BR, ETc-CAP and ETc-PM methods, respectively.

**KEYWORDS:** Irrigation scheduling, evapotranspiration, bean.

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup>. Agríc., D.Sc., Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, Sete Lagoas, MG, CEP: 35701-970. E-mail: [emilio@cnpmc.embrapa.br](mailto:emilio@cnpmc.embrapa.br). Tel.: (0xx31)3779-1237. Fax: (0xx31)3779-1088.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>., Ph.D., Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

**INTRODUÇÃO:** Dentre os diversos fatores responsáveis pela instabilidade da produção agrícola no Brasil, destaca-se a variabilidade do regime pluvial, com flutuações distintas (estações seca e chuvosa), oferecendo grande risco para a prática da agricultura. A irrigação é uma alternativa tecnológica para contornar esse problema, visando assegurar o aumento da produtividade. Uma das variáveis de elevada importância para estudos de manejo e programação da irrigação é a evapotranspiração da cultura (ETc). A ETc pode ser obtida por diferentes métodos, que se baseiam em parâmetros físicos do solo, climáticos, microclimáticos e fisiológicos das plantas.

Um método fundamentado em parâmetros microclimáticos bastante conhecido é a Razão de Bowen (RB), que integra a razão entre o fluxo de calor sensível (H) e o de calor latente (LE) da superfície e estima em escala de tempo menor que a horária (CUNHA e BERGAMASCHI, 1994). Entretanto, para se obterem valores precisos de ETc, são necessárias medições acuradas do gradiente de temperatura e de umidade. Isso requer equipamentos com muita sensibilidade e precisão, o que encarece o custo do sistema (KOBAYASHI, 2001). Muitas vezes este método é considerado como padrão para efeito de aferições com outros métodos, sobretudo os que se baseiam em estimativas.

Atualmente, é mais comum calcular a evapotranspiração da cultura (ETc) em duas etapas: primeiro, estima-se a evapotranspiração de referência (ETo) e, a seguir, multiplica-se o valor obtido por um coeficiente de cultura (Kc). A ETo que tem sido atualmente padronizada pela FAO é a estimada pelo método de Penman-Monteith (PM), assim como também ainda é apresentado o tanque Classe A como uma alternativa de obtê-la (ALLEN et al., 1998).

**MATERIAL E MÉTODOS:** A cultura do feijoeiro foi plantada no dia 22 de junho de 1999 na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. Foi utilizado o método do balanço de energia da superfície coberta pela vegetação, onde foram realizadas medições, a partir de sensores instalados no solo e acima do dossel da cultura, dos termos da seguinte equação:

$$R_n = G + H + LE$$

em que,  $R_n$  é a radiação líquida para essa superfície,  $G$  é a densidade de fluxo de calor do solo,  $H$  é a densidade de fluxo de calor sensível e  $LE$  é a densidade de fluxo de calor latente. A evapotranspiração atual da cultura (ETc) foi obtida do termo  $LE$  com a utilização da razão de Bowen (ETc-RB). Desse modo, houve necessidade de registros de  $R_n$  e  $G$ . Também, foram necessários registros da temperatura do ar ( $T_a$ ) e da pressão de vapor do ar ( $e$ ) a duas alturas acima do dossel das plantas para a determinação de  $H$  e  $LE$ . Todas essas variáveis foram obtidas através de uma estação automática de aquisição de dados específica para a razão de Bowen, da *Campbell Scientific*. A razão de Bowen ( $\beta$ ) foi obtida da relação  $H/LE$ .

A referida estação foi programada para tomada de dados dos sensores em intervalos de tempo de 20 minutos, através de software específico para isso.

A ETc obtida pela técnica da razão de Bowen, quando bem conduzida, pode ser considerada como um método padrão e que serve como um referencial para comparação com outras técnicas mais simples, porque em condições práticas, normalmente, essa técnica seria de difícil adoção haja vista que, além de envolver um grau mais elevado de conhecimentos do microclima no sistema solo-planta-atmosfera, ainda possui instrumental de custo oneroso.

Portanto, aqui foram comparados os resultados da necessidade hídrica do feijoeiro obtidos pela técnica da razão de Bowen (ETc-RB) com outras duas metodologias mais pragmáticas e que, uma vez validadas, podem servir de balizamento para a condução do manejo de irrigação não somente da cultura do feijoeiro como outras também.

As outras duas metodologias que foram testadas e comparadas com a ETc-RB foram as da estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) pelo tanque Classe A (ETc-TCA) e com os dados históricos de 15 anos da ETo estimada em decêndios pelo método de Penman-Monteith (ETc-PM) para a estação climatológica da Embrapa Milho e Sorgo, segundo publicação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (ALMEIDA et al., 1997). Os dados da evaporação do tanque Classe A foram obtidos dessa mesma estação do período em que foi conduzida a cultura do feijoeiro. Para ambas as técnicas, o coeficiente de cultivo (Kc) foi obtido de metodologia apresentada no manual FAO-56 (ALLEN et al.,

1998), assim como os coeficientes de tanque ( $K_p$ ), observando as condições climáticas reinantes no período, principalmente umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento ( $v$ ) e raio de bordadura do tanque ( $R$ ).

A divisão do ciclo cultural do feijoeiro obedeceu as 4 fases conforme divisão recomendada pelo manual FAO-24 (DOORENBOS e PRUITT, 1977) e adaptada por ALBUQUERQUE (2000).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados obtidos para a  $ET_c$  da cultura do feijoeiro usando-se os três métodos estudados estão apresentados na Figura 1. Observa-se que as medições feitas pela técnica da razão de Bowen ( $ET_c$ - RB) somente foram realizadas a partir dos 26 dias após a semeadura (DAS). As estimativas feitas pelos outros dois métodos ( $ET_c$ -TCA e  $ET_c$ -PM) puderam ser obtidas desde o período do plantio.

Através da análise da Figura 1, pode-se verificar que houve uma boa relação entre os três métodos, principalmente considerando-se o ciclo total da cultura, convergindo para o valor aproximado de 300 mm o consumo total de água, o que tem sido relatado por DOORENBOS e PRUITT (1977) dentre diversos autores.

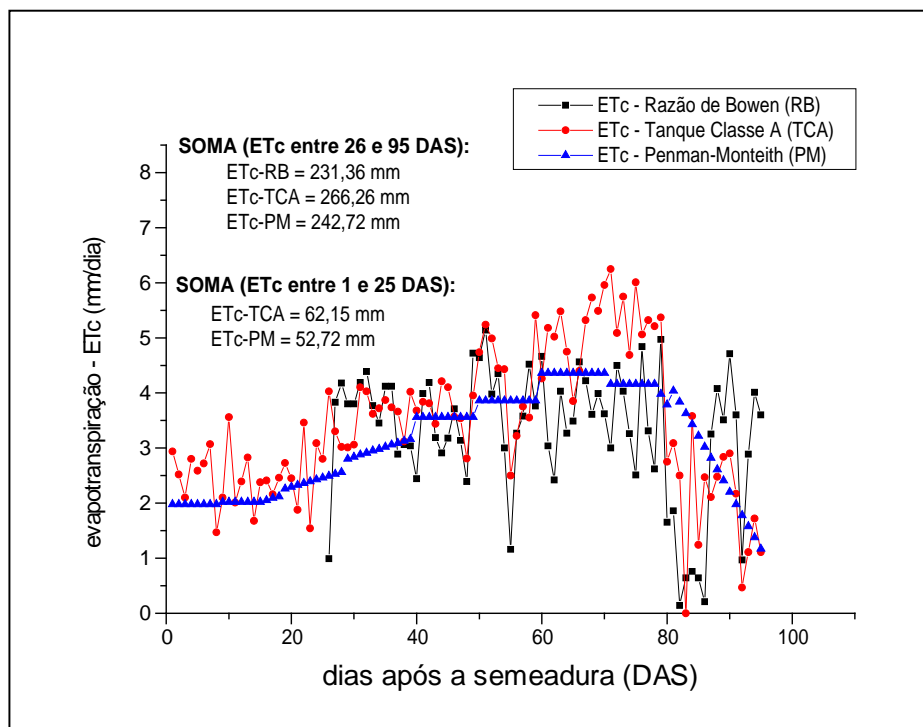


Figura 1 - Comparação ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro da evapotranspiração determinada pela razão de Bowen ( $ET_c$ -RB), pela evaporação da água do tanque Classe A ( $ET_c$ -TCA) e pela evapotranspiração de referência obtida com dados históricos decendiais de 15 anos, segundo o método de Penman-Monteith ( $ET_c$ -PM).

A  $ET_c$  obtida pelo método de Penman-Monteith ( $ET_c$ -PM) tendeu a “suavizar” o consumo de água ao longo do ciclo, tendo em vista a utilização de médias obtidas por uma série histórica de 15 anos, para períodos decendiais. As condições reais ocorridas à época da evolução do ciclo da cultura foram acompanhadas pelas variáveis climáticas que diretamente interferiram no processo da evapotranspiração, como podem ser notados pelas metodologias que dispunham de dados totalmente medidos, como a  $ET_c$ -RB, ou de dados parcialmente medidos, como a  $ET_c$ -TCA. Dos 27 aos 60 DAS

houve uma ótima relação entre ETc-RB e ETc-TCA, mas a partir dos 60 DAS até os 80 DAS a ETc-TCA passou a superestimar em comparação com a ETc-RB. Considerando que o método ETc-RB fosse o padrão, possivelmente o coeficiente de tanque ( $K_p$ ) com o valor de 0,65 estava superestimado para esse período, porque as condições climáticas nessa época (final de agosto e início de setembro) estavam predispostas a uma alta demanda evaporativa, que era refletida pelos mais baixos valores de umidade relativa do ar, havendo necessidade, portanto, de fazer uma redução no valor de  $K_p$ , conforme a sua tabela (DOORENBOS e PRUITT, 1977, citados dentre outros por ALBUQUERQUE, 2000).

Próximo aos 80 DAS ocorreu uma chuva com mais de 40 mm, o que refletiu significativamente sobre o tanque Classe A (evaporação zero, devido o seu transbordamento) e sobre a ETc medida pela estação da razão de Bowen. Isso é comprovado conforme relataram KUSTAS et al. (1996) e UNLAND et al. (1996), os quais consideram que, para determinar a ETc-RB, devem-se desprezar dados correspondentes a dias com chuvas ou outros problemas de medição, devido ao fato de haver grande diferença no processo de transferência de energia causada pela diferente disponibilidade de energia e estabilidade atmosférica.

Como foi o caso estudado da ETc-PM, o uso de dados históricos é interessante pela sua simplicidade e pela possibilidade de se fazerem simulações. Apesar de não evidenciar os picos provocados pelo clima numa condição mais realística, há uma compensação entre os altos e baixos sofridos pela cultura, mostrando uma evolução dentro de uma média satisfatória dentro dos extremos, o que na prática não deverá causar prejuízos à cultura.

**CONCLUSÕES:** Os valores obtidos da evapotranspiração do feijoeiro (ETc) no período dos 26 aos 95 dias após a semeadura (DAS) foram coerentes com a técnica padrão da razão de Bowen (ETc-RB). Esses valores foram de 231,4; 266,3 e 242,7 mm para as determinações realizadas pelos métodos ETc-RB, ETc-TCA (tanque Classe A) e ETc-PM (Penman-Monteith), respectivamente. Os valores estimados para o período de 1 até os 25 DAS foram de 62,2 mm, pelo método ETc-TCA, e 52,7 mm, pelo método ETc-PM.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALBUQUERQUE, P.E.P. *Requerimento de água das culturas para fins de manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação localizada*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 54p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 1).
- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- ALMEIDA, R.M.B., ARAÚJO, M.I.M., COSTA, M.C.G. *Cálculo da ETp a cada dez dias: método de Penman-Monteith para diversas localidades do território nacional*. Brasília: INMET, 1997. s.p.
- CUNHA, G.R., BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em alfafa. *Rev. Bras. de Agrometeorol.*, Santa Maria, v.2, p.9-16, 1994.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W. O. *Crop water requirements*. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 24).
- KOBAYASHI, M.K. *Parametrização da resistência do dossel da cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) utilizando Razão de Bowen associada à termometria a infravermelho*. Viçosa, UFV, 2001. 66p. (Dissertação - Doutorado em Engenharia Agrícola).
- KUSTAS, W.P., STANNARD, D.I., ALLWINE, K.J. Variability in surface energy flux partitioning during Washita'92: resulting effects on Penman-Monteith and Priestley-Taylor parameters. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.82, p.171–193, 1996.
- UNLAND, H.E., HOUSER, P.R., SHUTTLEWORTH, W.J., YANG, Z.L. Surface flux measurement and modeling at a semi-arid Sonoran Desert site. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.82, p.119–153, 1996.